

ГИДРОЛОГИЯ

Г. К. ГАБРИЕЛЯН

ТВЕРДЫЙ СТОК РЕК И ДЕНУДАЦИЯ ВУЛКАНИЧЕСКОГО
НАГОРЬЯ АРМЯНСКОЙ ССР

В изучении денудационных процессов твердый сток рек является важнейшей характеристикой. Имея количество ежегодного твердого стока и объем коррелятивных отложений, можно довольно точно определить слой денудации склонов. Как известно, твердый сток складывается из трех компонентов: химического, взвешенного и влекомого.

Химический сток и денудация

Химический сток рек Армянской ССР до сих пор не изучен.

Для исследования химического стока и химической денудации мы использовали данные о минерализации и химического состава речных вод на 19 гидрологических станциях и постах, помещенных в «Гидрологических ежегодниках». Из 19 пунктов 11 имеет ряд наблюдений от 10 до 15 лет; 3—от 5 до 10 лет; 5 пунктов—до 5 лет. Исследованию подвергнуты данные 1400 химических анализов.

Данные исследований показывают, что с увеличением абсолютной высоты местности, минерализация речных вод уменьшается. Если в Араратской котловине в низких частях она доходит до 200—500 мг/л, в среднегорном поясе (от 1400 до 2000 м)—100—200 мг/л; выше 2000 м—меньше 100 мг/л.

Речные воды Вулканического нагорья Армянской ССР по классификации Г. А. Максимовича [5] принадлежат гидрокарбонатной формации. Во всех 1400 анализах речных вод, изученных нами, она неизменна, меняется только фацция. Наиболее распространенной фаццией является гидрокарбонатно-кальциево-сульфатная.

Несмотря на то, что минерализация речных вод небольшая, все же ежегодно из вулканического нагорья Армянской ССР в растворенном виде удаляется огромное количество веществ (табл. 1).

Как показывает таблица, в среднем модуль химического стока составляет $20 \text{ м}^3/\text{км}^2$, т. е. $50 \text{ т}/\text{км}^2$, что в 3 раза меньше модуля химического стока Большого Кавказа [1], но вдвое больше среднего значения для всей суши [4, 5].

В таблице помещены также данные о химическом стоке оросительных вод. Следует отметить, что они весьма приближены и не претен-

Таблица 1

Средний многолетний химический сток рек Вулканического нагорья Армянской ССР

Высотные пояса	Площадь, км ²	Химический сток в год		
		тыс. т.	тыс. м ³	м ³ /км ²
1. Высокогорный выше 2000 м	6800	256	100	14,7
2. Среднегорный 1400—2000 м	4700	150	60	12,8
3. Низкогорный до 1400 м	1500	45	18	12,0
Средний (без вод, забираемых на орошение)	13000	451	180	13,9
Всего с химическим стоком эрозионных вод	13000	650	260	20

дуют на точность, так как количество используемой воды на орошение по высотным поясам и ее минерализация пока остаются открытыми. Даже общее количество воды, используемое для орошения, не уточнено.

Наши исследования по химическому выветриванию показывают, что процессы химического выветривания наиболее интенсивно проявляются в верхней части пояса нагорных степей и в субальпийском поясе, где больше влаги, и под воздействием микроорганизмов породы значительно быстрее преобразуются. В альпийском и полупустынном поясах химическое выветривание горных пород слабое.

Сток взвешенных и влекомых наносов

Для изучения взвешенных наносов мы использовали данные «Гидрологических ежегодников» по взвешенным наносам для 15 пунктов на 12 реках. Ряд наблюдений колеблется от 5 до 22 лет. Для сравнений использованы также данные по р. Аракс (у с. Кюбектала).

Реки Вулканического нагорья Армянской ССР отличаются небольшой мутностью. Среднегодовая мутность составляет 90 г/м³. Это в 27 раз меньше мутности р. Аракс у с. Кюбектала (2400 г/м³). Такая большая разница объясняется тем, что в стоке горных рек вулканических районов значительное место занимают подземные воды, содержащие незначительное количество взвешенных наносов.

Максимальный расход взвешенных наносов наблюдается весной—в период половодья (табл. 2).

Таблица 2

Внутригодовое распределение стока взвешенных наносов рек Вулканического нагорья Армянской ССР

Сезоны	Зима	Весна	Лето	Осень
Сток взвешенных наносов в ‰	3,6	69	23,0	4,4

Сток взвешенных наносов рек Вулканического нагорья Армянской ССР резко отличается по отдельным бассейнам. Здесь совершенно отчетливо сказывается зональный фактор (табл. 3).

Таблица 3

Многолетний среднегодовой сток взвешенных наносов некоторых рек
Армянской ССР

Река, пункт наблюдения	Площадь водосб., км ²	Сток, тыс. т	Модуль стока, т/км ²	Годичный слой смыва по взвешенным наносам в микронах
Дзорагет (ниже впадения р. Гергер)	1450	65,0	44	17,6
Ахурян (Капс)	839	14,8	18	7,2
Ахурян (Айкадзор)	7990	195,0	22	8,8
Касах (Зовуни)	603	6,9	12	4,8
Гаварагет (Норадуз)	467	10,0	21	8,4
Аргичи (Геташен Верин)	380	4,2	12	4,8
Варденис (Варденик)	110	1,7	16	6,4
Арпа (Ехегнадзор)	1120	61,0	50	20,0
Воротан (Ангехакот)	787	20,5	26	10,4
Воротан (Эйвазлы)	2020	135,0	67	26,8
Агстев (Иджеван)	1270	92,4	71	28,4
Памбак (Мегрут)	1070	88,0	80	32,0
Аракс (Кюбектала)	97600	15500,0	180	72,0

Как показывает табл. 3, средний модуль стока составляет 31 т/км² в год, что в 6 раз меньше среднего модуля стока для невулканических областей Армянского нагорья (по р. Аракс у с. Кюбектала—180 т/км²).

По нашим подсчетам, модуль стока взвешенных наносов рек вулканических районов в среднем в 3 раза меньше складчатых, вулканические породы значительно меньше подвергаются смыву, чем породы складчатых районов. По всей республике наибольший модуль стока взвешенных наносов имеет р. Памбак (80 т/км²).

Следует отметить, что наши данные по многолетнему стоку взвешенных наносов по отдельным речным бассейнам (табл. 3) несколько отличаются от данных Г. Н. Хмаладзе [8]. Такая разница вызвана тем, что им использованы данные «Гидрологических ежегодников» до 1957 г., а нами—до 1964 г.

Сток взвешенных наносов меняется по длине реки, находится в функциональной зависимости от прироста водосбора.

Получая значения взвешенных наносов для вулканических районов, мы подсчитали слой годичного стока в микронах и денудационный метр по взвешенным наносам (табл. 4). При подсчетах объемный вес взвешенных наносов принят 2,5, т. е. средний объемный вес исходных вулканических пород.

Из табл. 4 видно, что слой стока в вулканических районах составляет в среднем 13 микрон, что образует слой в 1 м в течение 83 тыс. лет. Сюда включены также наносы, поступающие на поля вместе с орошающей водой, которые в естественных условиях удалились бы из пределов нагорья.

Таблица 4
Сток взвешенных наносов и денудация Вулканического нагорья Армянской ССР

Бассейн реки или территория, пункт наблюдения	Площадь в пределах вулканического нагорья в км ²	Сток		Слой стока в микронах	Денудационный метр в тыс. лет
		тыс. т.	т/км ²		
1. Ахурян (Айкадзор)	2530	50,6	22	8,8	111
2. Касах (Аштарак)	700	32,4	46	18,4	55
3. Южные и западные склоны Арагаца	2400	81,6	34	13,6	71
4. Западные склоны Гегамского нагорья и Егвардское плато	1500	30,0	20	8,0	125
5. Бассейны верхних течений р.р. Азат, Веди	350	7,0	20	8,0	125
6. Варденис (Варденик)	110	1,7	16	6,4	160
7. Аргичи (Геташен В.)	380	4,2	12	4,8	200
8. Гаварагет (Норадуз)	467	10,0	21	8,4	120
9. Остальная часть бассейна оз. Севан в пределах вулканического нагорья	1500	24,0	16	6,4	160
10. Арпа (верховья)	860	14,0	16	6,4	160
11. Сюникское нагорье	1500	39,4	26	10,4	96
12. Дзорагет (ниже впадения р. Гергер)	760	30,8	44	18,0	55
Итого	13000	326	25	10	90
Взвешенные наносы оросительных вод (ориентировочно)		60—80			
Всего	13000	400	31	13	83

Слой стока по взвешенным наносам Вулканического нагорья можно сопоставить с таковым Джунгарского Ала-Тау [1], где он достигает немногим более 15 микрон. По сравнению с другими горными странами, интенсивность смыва вулканических районов Армянской ССР значительно меньше. Если годичный слой смыва по взвешенным наносам на Вулканическом нагорье Армянской ССР принять за единицу, то по другим речным бассейнам, за пределами Армянской ССР, он выразится в следующих цифрах: Б. Кавказ—24, бассейны рр. Аму-Дарья—23, Кура—13, Колорадо, По, Сыр-Дарья—9 и т. п.

Изучение влекомых наносов представляет весьма сложную задачу. Если по взвешенным наносам ведутся стационарные наблюдения на гидрологических станциях и постах, то этого не имеем в отношении влекомых наносов. В этой области имеются много теоретических рассуждений, однако существующие формулы пока мало пригодны для подсчета влекомых наносов, т. к. параметры географического характера весьма различны. В литературе имеется много указаний на отношение взвешенных наносов к влекомым [4, 5, 6, 8, 9]. Для равнинных рек доля влекомых наносов обычно принимается 10—20% от взвешенных. Для вулканических районов Армянской ССР мы приняли коэффициент 0,5 (50% от взвешенных). Это аргументируется, во-первых, тем, что методика подсчета взвешенных наносов не совершенна и данные по взвешенным наносам значи-

тельно заниженные. Во-вторых, в горных реках обычно количество влекомых наносов в несколько раз больше, чем у равнинных рек. Наконец, в питании рек Вулканического нагорья Армянской ССР значительное место занимают подземные воды, где взвешенных наносов очень мало и твердый сток складывается из растворенных и влекомых наносов. Все это говорит о том, что при наличии плотных вулканических пород у стремительных горных рек, влекомые наносы должны быть в 2—3 раза больше, чем у равнинных рек.

Суммарный твердый сток и денудация

Подводя итоги трех видов твердого стока мы составили нижеследующую сводную таблицу (табл. 5).

Таблица 5

Сводная таблица твердого стока и денудации Вулканического нагорья Армянской ССР

Тип стока	Твердый сток, тыс. т	Модуль стока, л/км ²	Годичный слой стока мкр.	Денудационный метр, тыс. лет
Химический	650	50	20	50
Взвешенных наносов	400	31	13	83
Влекомых наносов	200	15	6	160
Всего	1250	96	39	26

Как показывает табл. 5, ежегодно из пределов Вулканического нагорья Армянской ССР смывается слой в 39 микрон, причем основным является химический сток. На равнинных территориях, сложенных рыхлыми отложениями, взвешенные наносы от 4 до 6 раз превышают над растворенными. В условиях Вулканического нагорья Армянской ССР это соотношение меняется. У всех рек, изученной нами территории, кроме р. Касак (у Аштарака), химический сток превышает над стоком взвешенных наносов.

Вулканическое нагорье Армянской ССР по сравнению с другими горными странами денудировается значительно медленнее, что наглядно из нижеприведенной табл. 6. Как показывает таблица, наши данные близки к данным Г. Н. Хмаладзе [7, 8], однако мы считаем, что у Г. Н. Хмаладзе данные несколько занижены, т. к. им исследована территория не только вулканических районов, но и складчатых, а в последних, как уже отмечено, денудация значительно интенсивнее. Он долю влекомых наносов в твердом стоке принимает 10% от взвешенных, что может быть справедливо для равнинных, но отнюдь не для горных рек.

Как отмечалось, годичный слой смыва на территории Вулканического нагорья Армянской ССР составляет округленно 39 микрон. Однако здесь учтен только твердый сток рек, а в склоновой денудации участвуют также медленные движения масс (дефлюкция), инфильтрационная де-

Таблица 6

Таблица твердого стока и денудации для различных стран и речных бассейнов

Территория или бассейн (автор)	Площадь водосбора, км ²	Твердый сток, тыс. т	Модуль твердого стока, т/км ²	Годичный слой смыва, в мкр.	Денудационный метр, тыс. лет
Вулканическое нагорье Армянской ССР (Г. К. Габриелян)	13000	1250	96	39	26
Армянское нагорье в бассейне р. Аракс (Г. К. Габриелян)	97600	23440	240	92	11
Армянское нагорье (А. В. Волин)	22267	6202	283 ²	113	8,8
Армянская ССР (Г. Н. Хмаладзе)	25697	2067,6	80	33	30
Большой Кавказ (А. В. Волин)	70238	74522	1061*	370	2,7
Колорадо (А. В. Волин)	622900	222375	357	130	7,7
По (А. В. Волин)	54400	19420,8	327	120	8,33
Терек (Г. С. Леонтьев)				350	2,9

денудация, селевые, эоловые процессы и др. Продукты выноса часто аккумулируются в пологих формах рельефа и не отражаются в твердом стоке рек. Учитывая это, следует полагать, что модуль денудации значительно больше модуля твердого стока рек. Подсчет объема коррелятивных отложений четвертичного периода показывает, что модуль склоновой денудации больше модуля твердого стока рек на 15—25%. т. е. составляет в среднем 125 т/км², 50 микрон в год, а денудационный метр—20 тыс. лет.

Неотектонические движения и денудация

Морфологический анализ речных долин Вулканического нагорья Армянской ССР показывает весьма отчетливую ступенчатость продольных профилей всех рек и блоковые вертикальные дифференциальные движения земной коры. По нашим подсчетам, за весь четвертичный период, среднее поднятие междуречья рр. Куры и Аракс составляет 0,6—1 мм в год. Если сравнить эндогенное поднятие масс со слоем денудации, то разница весьма большая: ежегодно денудирована только 1/12—1/20 часть поднявшейся массы.

Из вышеизложенного следует, что в создании крупных форм рельефа решающими являются эндогенные движения масс. Экзогенные процессы, главным образом речная эрозия, создают мезо- и микроформы рельефа.

В денудационных процессах доминирующим является речная эрозия. На фоне неотектонических движений происходили эрозионные процессы. В некоторых каньонах глубина послепалеогенового врезания достигает до 600—700 м. Например р. Воротан у с. Татев имеет каньон глубиной в 700 м; р. Аракс на несколько км выше устья р. Ахурян врезалась на 900 м в акчагыльские лавы, т. е. ежегодный врез составляет 0,5—0,8 мм, значительно меньше, чем эпейрогеническое поднятие. Отсюда можно заключить, что не только плоскостная денудация, но даже линей-

* Из данных автора нами изъято количество селевых выносов.
Известия, XIX, № 3—5

Հոսքի տիպը	Կոշտ հոսք հազ. տոննա- ներով	Հոսքի ճո- ղուլը m^3/s	Հոսքի տարե- կան շերտը ² միկրոններով	Գննույն- ցիոն մետր հազ. տարի
Քիմիական	650	50	20	50
Կախված նյութերի	400	31	13	83
Գլորվող նյութերի	200	15	6	160
Ընդամենը	1250	96	39	26

Ըստ մեր հաշվումների ուղղաձիգ տեկտոնական բարձրացումները Քուռ-Արաքսյան միջազևտրում կազմում են տարեկան 0,6—1 մմ, մինչդեռ դինու-յացիոն շերտի հաստությունը կազմում է 0,05 մմ (12—20 անգամ պակաս քան բարձրացումը):

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Волин А. В. Твердый сток и скорость эрозии. Изв. АН СССР, сер. географическая и геофизическая, № 5, 1946.
2. Габриелян Г. К. О растворимости эффузивных пород Армянской ССР. Доклады АН АрмССР, т. XXXIX, № 2, 1964.
3. Леонтьев Г. С. Денудация в бассейне р. Терек. Изв. ВГО, вып. 5, 1947.
4. Лопатин Г. В. Наносы рек СССР, Географгиз, 1952.
5. Максимович Г. А. Химическая денудация вод суши, Географгиз, 1952.
6. Поляков Б. В. Исследование стока взвешенных и донных наносов. Л., 1935.
7. Хмаладзе Г. Н. Мутность рек Армении. Изв. АН Арм. ССР, серия техн. наук, № 1, 1958.
8. Хмаладзе Г. Н. Взвешенные наносы рек Армянской ССР. Л., 1964.
9. Шамов Г. И. Речные наносы. Гидрометеиздат, Л., 1964.